UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

218

O. VERONA

PER UNA MIGLIORE UTILIZZAZIONE AGRICOLA DEI RIFIUTI CITTADINI

Estratto dagli « ANNALI DELL'ACCADEMIA DI AGRICOLTURA DI TORINO »
Vol. LXXXIX - 1946-47

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
24 AUG. 1948
LIBRARY

ONORATO VERONA

PER UNA MIGLIORE UTILIZZAZIONE AGRICOLA DEI RIFIUTI CITTADINI

Adunanza del 15 giugno 1947

> « *La sostanza organica, considerata come il motore della vita che ferve nel suolo vegetabile e della perpetua mutabilità di questo, non è evidentemente la materia di Treviranus o degli altri umisti e, meno ancora, è quell'elemento accessorio o superfluo che intende Liebig.*
>
> *Essa è — deve essere — la base dell'agricoltura razionale moderna* »
>
> R. Perotti, 1924.

È noto come i rifiuti cittadini (stradali e domestici) costituiscano un materiale ritenuto prezioso per l'Agricoltura. Senza voler considerare le spazzature pari, per composizione ed efficacia, al letame — come taluno ha pure sostenuto (1) —

(1) « Prese le cose all'ingrosso, giacchè siamo in una materia nella quale non si può troppo sottilizzare, spazzature e letami si equivalgono;...» cfr. P. Fedra, *Staz. Sper. Agr.*, vol. XXVIII, 1892.

Giudizi consimili si trovano riportati in molti altri lavori. Veggasi anche, per es., *Igiene moderna* (per citare lavori più recenti) del nov. 1927.

Ciò non è perfettamente esatto; o, per lo meno, noi non siamo dello stesso parere dato che non si equivalgono tra loro neppure i varî letami. Tale nozione, come è noto, risale agli antichi Georgici.

certo è che esse rappresentano un materiale di un qualche valore: tanto, che si contano ormai numerosi gli studi intesi al loro trattamento e conseguente utilizzazione.

Il problema, invero piuttosto complesso, rientra nel quadro dei ricuperi e, non trascurato neppure dalle Nazioni ricche di materie fertilizzanti, riveste per il nostro Paese, economicamente povero, singolare importanza.

L'aspetto tecnico del problema non investe tuttavia il solo lato economico; giacchè se da una parte i vari trattamenti escogitati e proposti mirano a valorizzare tali materiali di scarto, dall'altro essi non avrebbero potuto non tener conto delle pregiudiziali igieniche intese a rendere innocuo quanto più rapidamente possibile un materiale presuntivamente contaminato o comunque tale, per origine e natura, da favorire il diffondersi di malattie infettive.

Il problema della utilizzazione delle spazzature è quindi un problema tecnico che deve essere esaminato sotto il duplice aspetto economico ed igienico.

Dal punto di vista economico le spazzature costituiscono un materiale di non trascurabile importanza qualora si pensi solo alla quantità enorme di materiali (valutabili a decine di tonnellate) che giornalmente produce ogni centro abitato. Basti pensare ai primi prodotti di cernita rappresentati da rottami di ferro, rame, alluminio, ottone, ecc.; da stagno; flaconame in vetro e frammenti di vetro; da ossa e cuoiame; da stracci e residui di lana, cotone, lino e altre materie tessili; da carta e cartoni; e da quanto altro, insomma, è più o meno prontamente riutilizzabile, per aver idea del valore che esse racchiudono (1). Va poi considerato il residuo di cernita racchiudente una somma ingente di sostanze per le quali esso torna ben accetto agli Agricoltori prossimi ai centri di ammassamento.

Sotto questo punto di vista, che è poi quello che più direttamente ci interessa, è a ricordarsi che le spazzature conten-

---

(1) Rilievi recenti danno per es. per la città di Ginevra: 500 t/anno di ossa, 300 Kg/mese di stagno, 25 t/mese di carta, stracci e lana. [Cfr. *La récupération des déchets dans le Canton de Genève*, Strasse u. Verkehr., vol. 27, p. 240, 1941].

gono in grossa media (fatto riferimento alle città italiane) i materiali seguenti (1):

spazzature domestiche:

acqua	25 %		
sost. organiche	20 »		
ceneri	55 »		
		azoto	0,40 %
		P_2O_5	0,31 »
		K_2O	0,35 »
		Ca O	3,22 »

spazzature stradali:

acqua	22 %		
sost. organiche	19 »		
ceneri	59 »		
		azoto	0,45 %
		P_2O_5	0,24 »
		K_2O	0,29 »
		Ca O	10,40 »

Cifre, d'altronde, del tutto indicative poichè la composizione

---

(1) in A. Menozzi e U. Pratolongo, *Chimica Agraria*, v. II, Hoepli 1938.

M. Tramontano e B. Angeli (*Il valore agricolo delle spazzature stradali e domestiche trattate col procedimento Gannow*, Atti R. Acc. Fisiocritici, Siena 1928) danno per le spazzature di Siena triturate con la macchina Gannow, la seguente composizione media:

umidità	39.24 %	su 100 di sostanza secca:	
sost. secca	60.75 »	N totale	1.198
ceneri	35.54 »	K_2O	1.261
N totale	0.748 »	P_2O_5	0.565
K_2O	0.765 »	su 100 di ceneri:	
P_2O_5	0.340 »	K_2O	2.725
		P_2O_5	1.195

Menozzi (cit. in G. Grasselli, *Preparazione, valore e costo delle immondizie*, Rosenberg et Sellier, Torino 1929) per le spazzature triturate di Genova dava i seguenti valori:

umidità	37.—%	azoto	0.70%
sost. organiche	26.30 »	P_2O_5	0.35 »
sost. minerali	36.70 »	K_2O	0.40 »

chimica delle spazzature è ovviamente varia in relazione alla densità della popolazione del centro abitato; al tipo di alimentazione, al succedersi delle stagioni, allo stato in essere delle pavimentazioni stradali, ecc., nonchè alla necessità di intenso e prolungato riscaldamento, alla presenza di numerosi opifici ed altro.

Ad ogni modo l'accennata ricchezza delle spazzature dà ragione dei vari procedimenti in uso nel loro trattamento e delle varie iniziative industriali che sono sorte in molte città.

* * *

I trattamenti escogitati per la varia utilizzazione agricola e industriale delle spazzature sono ormai numerosi e, limitatamente ai principali, potrebbero così classificarsi:

A - **Procedimenti empirici:** utilizzazione agricola diretta previa cernita grossolana o meccanica [1]

B - **Procedimenti industriali:**
- incenerimento [2]
- sgrassamento e formazione, col residuo, di panelli concimanti o panelli destinati alla alimentazione dei maiali [3]
- fermentazione
  - in vasche aperte [4]
  - in vasche chiuse
    - a scopo agricolo [5]
    - a scopo industriale [6]
- triturazione (sistema Gannow) [7]
- arricchimento con materiali vari seguito o meno da fermentazione [8]

[1] La utilizzazione diretta preceduta o meno da cernita allo scopo di eliminare i materiali pesanti, ingombranti o contundenti è la utilizzazione più semplice e più antica.

Le spazzature vengono prelevate direttamente dagli Agricoltori nei luoghi di raccolta e così avviate verso le concimaie poderali o i campi.

Talvolta si mescolano con deiezioni umane o animali allo scopo di aumentarne il valore fertilizzante o accelerarne la decomposizione.

Il procedimento è, indubbiamente, primitivo; ma nonostante ciò e nonostante sia igienicamente deprecabile purtroppo, in moltissime località, specie nei piccoli centri, esso è l'unico mezzo

di smaltimento delle spazzature. Nella stessa Inghilterra, conforme riferisce *Russel* (1), in molte città del Nord le spazzature vengono o per lo meno venivano utilizzate tal quali previa aggiunta di sensibili quantità di spurghi di fogne, di escrementi animali raccolti nei mercati di bestiame, di residui di macelli, ecc.

[2] Tra i procedimenti industriali quello che in molte Nazioni va per la maggiore — trovandosi diffuso in Francia, Germania, Belgio, Inghilterra, Stati Uniti — è l'incenerimento (2). Il sistema fornisce, non v'è dubbio, ogni garanzia dal punto di vista igienico. Economicamente con esso si ottiene, a parte il parziale recupero del calore di combustione, un residuo che si è cercato di utilizzare, opportunatamente conglomerato, come materiale da costruzione.

Procedendo con opportuni accorgimenti, come per es., con il sistema Tobiansky d'Althoff che brucia con scarsa quantità di aria, si ottengono ceneri pulverulente da impiegarsi come concime.

Igienicamente, come si è detto, tale sistema è quello che offre le maggiori garanzie. Economicamente occorre però notare che esso porta alla completa distruzione della sostanza organica e alla completa perdita dell'azoto: grava inoltre, sul processo, la forte spesa per il combustibile.

[3] Un sistema particolarmente indicato per le grandi città e quindi diffuso, specialmente, negli Stati Uniti, è quello del digrassamento e conseguente utilizzazione dei residui. Il digrassamento viene eseguito mediante vapore surriscaldato a 150° C. in adatte autoclavi; il calore necessario è fornito in buona parte dalle stesse spazzature lisciviate e secche. Eliminati i grassi, che trovano impiego come lubrificanti o nell'industria dei saponi, il residuo solido si sottopone alla torchiatura

---

(1) J. Russell, *The possibility of using town refuse as manure*, The Journ. of the Min. of Agric., vol. 29, p. 685, 1922.

(2) Tale sistema è ritenuto, anche oggi, uno dei migliori. Cfr.: De Lanotte, *Ville d'Armentières. La nouvelle usine d'incéneration et la modernisation des services de collecte et de voirie*, Travaux, vol. 25, p. 137, 1941.

N. N., *Utilisation des ordures ménagères*, Strasse u. Verkehr, vol. 27, p. 242, 1941.

quindi al disseccamento (che avviene a vapore entro grandi cilindri) ed infine a triturazione.

Ne risulta una polvere inodora detta *tankage* pari in media al 12,5-18% della massa primitiva sottoposta a trattamento, essendo il 2,5-5% il grasso estratto e il resto rappresentato da acqua (1).

L'estratto acquoso viene a sua volta concentrato fino a consistenza sciropposa (*stick*) e quindi mescolato con *tankage* secco ottenendosi un materiale contenente in media: acqua 3,67%, ceneri 29,15%, materie grasse 4,92%, potassa 0,80%, azoto 2,78%, an. fosforica 3,56%.

Tale materiale trova impiego come concime o altrimenti è destinato all'alimentazione dei maiali (2).

[4] I vari processi di fermentazione mirano a rendere più attivi i fenomeni di mineralizzazione della sostanza organica e quindi ottenere un materiale più prontamente trasformabile nel terreno in composti fertilizzanti. Altresì, mediante la fermentazione, è inteso rendere le spazzature igienicamente innocue non resistendo i germi patogeni alle alte temperature che si sviluppano durante i processi fermentativi.

Le modalità che accompagnano tali processi (3) sono varie, ma si possono fondamentalmente riferire a due tipi secondo che essi si compiono in ambiente aperto o altrimenti in ambiente chiuso. In quest'ultimo caso, vedremo, la fermentazione può essere diretta oltrechè ad ottenere materiali di impiego agricolo, altri materiali (metano).

---

(1) R. Pearl, *Statistics of Garbage collection an Garbage grease recovery in American cities*, Juorn. of Ind. and Engin. Chem., vol. 10, p. 927, 1918.

(2) Il potere nutritivo di questo materiale non è considerevolmente elevato ed ovviamente variabile. E' stato accertato che in media ne occorrono 50 libbre (Kg. 22.75) per produrre nei porci l'aumento di una libbra (Kg. 0.453) di peso vivo. Sembra ad ogni modo che tale utilizzazione costituisca uno dei modi migliori per valorizzare le spazzature.

Cfr. F. G. Ashbrook e J. D. Bebout, *Disposal of City Garbage by freeding to Hogs*, Circ. n. 80, U. S. Dep. of Agr., Washington 1917.

(3) Qui ci si riferisce a quei processi esclusivamente dominati dai fenomeni fermentativi. Anche in altri procedimenti [8] si fa ricorso alla fermentazione, ma in questi casi essa riveste carattere ausiliare.

Un procedimento di fermentazione in ambiente aperto è stato descritto nel 1927 dal *Grasselli*, Direttore dell'Ufficio Municipale d'Igiene di Cremona, con il nome di «procedimento minimum» (1).

Si tratta di accatastare le spazzature, previamente cernite, in platee di cemento in numero e grandezza varia in relazione al materiale giornalmente raccolto, e di attivarne la fermentazione spontanea mediante irrorazione con lo stesso liquido defluente (specie dopo le piogge) dai cumuli delle spazzature e a parte raccolto. Nel corso di qualche settimana il materiale può considerarsi sufficientemente fermentato ed essere esibito come concime. Per il Comune di Cremona la cui città conta 46.000 abitanti e dà giornalmente q.li 200 circa di spazzature, *Grasselli* calcolò un utile, nel 1927, di oltre 60.000 lire annue.

Il sistema è semplice e rappresenta la forma più economica per razionalizzare i già ricordati procedimenti empirici. Non è tuttavia applicabile in quelle città ove il volume delle spazzature è ingente; altresì esige che le città dispongano di località ben isolate e d'altra parte non eccessivamente lontane dall'aggregato urbano. Dal punto di vista igienico, come altrove si è accennato, i processi fermentativi sono tali da assicurare la devitalizzazione dei germi patogeni neppure trascorsi 20-25 giorni e ciò in rapporto alla labilità del maggior numero delle specie patogene che tra l'altro vengono a trovarsi in concorrenza vitale con i numerosissimi e resistentissimi microbi fermentanti.

Gli igienisti parlano infatti, ormai, di un potere di autodepurazione delle spazzature. Ove d'altra parte non insorgano fenomeni antibiotici o di lisi non va dimenticato di ricordare come, nel singolare ambiente in cui le eventuali specie patogene si trovano, possano insorgere fenomeni di variazione tali da avirulentare le stesse forme. Ma tutto ciò è ormai nozione comune.

[**5-6**] Tra i sistemi di fermentazione in vasche chiuse merita anzitutto di essere ricordato — anche per la rinomanza che ha avuto — il *sistema Beccari*. Per la verità, il procedimento

---

(1) G. GRASSELLI, *Nuove modalità per l'utilizzazione agricola delle immondezze*, Rosenberg et Sellier, Torino 1927.

Beccari, fu ideato in origine al fine di utilizzare meglio il letame e abbreviarne il processo di fermentazione.

Fondamentalmente, come è noto, la concimaia Beccari è costituita da una camera capace di 16-18 mc. munita di particolari dispositivi atti a promuovere una intensa ossigenazione. A tal scopo il pavimento è a doppio fondo e le pareti sono provviste di cunicoli capaci di determinare l'accesso dell'aria dall'esterno all'interno. Infatti, il calore che si sviluppa durante la fermentazione, sfuggendo dall'alto della cella attraverso adatto comignolo produce un richiamo d'aria dall'esterno tanto da attivare intensamente i processi ossidativi. Ne risulta un materiale omogeneamente fermentato che ha trovato largo credito presso gli Agricoltori. Igienicamente il sistema risponde, essendo dimostrato che nessun germe patogeno permane a fermentazione ultimata (1); altresì svolgendosi i processi fermentativi in ambiente chiuso non si lamenta nessun inconveniente (cattivi odori, richiamo di insetti, ecc.) che possa essere ritenuto molesto all'abitato.

Nonostante il sistema Beccari risponda bene agli effetti della fermentazione di modeste masse di materiali organici, esso non è stato esente da critiche allorquando si è inteso di applicarlo al trattamento dei rifiuti cittadini (2). Le critiche mosse al sistema sono di carattere igienico, finanziario e industriale.

Trascuriamo di rilevare le obbiezioni di natura igienica, forse non del tutto giustificate (3). Rimangono tuttavia quelle di carattere finanziario e industriale. Dal punto di vista finanziario

---

(1) G. Gasperini, *L'autodepurazione biologica dei rifiuti domestici e stradali nelle celle zimotermiche « Beccari »*, Firenze 1919.

(2) La Città di Firenze applica il sistema Beccari fin dal 1922: il sistema consta di 204 celle. Impianti esistono a S. Remo (44 celle), Empoli (26 celle) e altre città. [Cfr. V. Racach, *Le celle zimotermiche Beccari per il trattamento dei concimi di stalla e residui organici*, Italia Agricola, vol. 67, p. 91, 1930].

(3) A parte le conclusioni cui è pervenuto nel suo esauriente studio *G. Gasperini* (l. c.) è a ricordarsi che J. J. van Loghem (*Revue d'Hygiène*, n. 4, 1926) così ebbe ad esprimersi nei riguardi del sistema Beccari: « Sur l'application possible du système de Beccari pour l'élaboration biologique des ordures des maison et des rues je ne puis me prononcer nècessairement qu'avec la plus grande circonspection ».

osta contro l'applicazione in grande del sistema la forte spesa d'impianto e, tra l'altro, lo spazio considerevole che esige anche se le celle sono sovrapposte e sistemate in batterie.

Dal punto di vista industriale ostano le forti spese di esercizio richiedendo lunghe e continue riparazioni manuali.

In sostanza il principio informatore delle celle Beccari, ottimo in teoria, trova forti limitazioni in pratica allorquando si voglia applicare al trattamento di ingenti masse di rifiuti (1).

Un altro sistema — inspirato sempre al principio della fermentazione in vaso chiuso — meno noto del precedente, ma secondo l'ideatore da ritenersi superiore è il *sistema Grasselli* (2).

Il sistema prevede, eliminati i più voluminosi corpi contundenti ed eventualmente cerniti i materiali di ricupero, il passaggio dei rifiuti attraverso una macchina trituratrice. Il materiale proveniente dalla trituratrice viene passato entro speciali gabbioni e meccanicamente avviato alle celle di fermentazione. Uno dei punti fondamentali del sistema è rappresentato da questi speciali gabbioni che consentono il carico meccanico delle celle — dato il sistema di caricamento che consegue — mentre portano ad una fermentazione molto più intensa di quella che si verifica con il sistema Beccari; inoltre si può procedere allo svuotamento meccanico di ogni cella a fer-

---

(1) G. Grasselli (l. c.), avanzate alcune critiche al sistema Beccari, conclude al riguardo con la seguente affermazione: « Che una concimaia Beccari per se stessa costituisce un ottimo artificio per affrettare e rendere più completa la fermentazione delle immondezze; per conseguirla in vaso chiuso e per arricchire, quando possibile, il materiale con altri rifiuti (pozzo nero, acque ammoniacali, fango di acque di fogna, cascami di macello, ecc.) — ma bisogna, al tempo istesso, riconoscere che una o più batterie di concimaie Beccari — per l'eccessivo ingombro di spazio — per la necessità in ogni tempo ed in ogni caso di far luogo ad una cernita minuta sottraente al prodotto finale elementi fertilizzanti — e soprattutto per l'impossibilità organica di poter convenientemente effettuare tutti i trapassi del materiale in lavorazione con mezzi meccanici — non può costituire un metodo adatto a risolvere, secondo la legge del minimo mezzo, cioè con criteri strettamente industriali, il problema della utilizzazione agricola di tutte le immondezze prodotte giornalmente da una città di qualche importanza ».

(2) G. Grasselli, l. c.

mentazione avvenuta e finalmente al passaggio meccanico del prodotto finale al magazzino.

Procedendo al caricamento (o a caricamento avvenuto) la massa viene periodicamente irrorata per mezzo di una pompa con liquidi putridi contenuti in piccole vasche di deposito. Tale aggiunta spinge la fermentazione in modo tale che in breve la temperatura sale a 80-85° C. provocando una contrazione notevole nel volume del materiale. L'arieggiamento avviene, con dispositivo elettrico, dall'alto al basso; ciò porta ad una più rapida e completa eliminazione dell'anidride carbonica il che non può non favorire i processi ossidativi.

Il sistema presenta, così come ci è dato capire dalla descrizione, indiscutibili vantaggi sul sistema Beccari; se non fosse altro per la meccanizzazione di tutte le operazioni e quindi l'abbassamento del costo di esercizio; ma a ciò va aggiunto il beneficio di richiedere un molto più limitato spazio e quello di rendere i processi fermentativi più rapidi compiendosi entro i 30-35 giorni.

Nell'ambito sempre dei processi fermentativi rientra il sistema, invero ancora in fase di esperimento, della fermentazione metanica. Tale sistema non ha, ovviamente, interesse agricolo (1).

Si tratta di aggiungere le spazzature, cernite e triturate, ai fanghi di fogna digeriti, in quantità, giorno per giorno, tale che non superi l'1% della sostanza organica presente nel fango di fogna.

Il processo, ideato da *Malcolm* nel 1937 (2), ebbe un primo tentativo di applicazione industriale, in Italia, per opera di *Marcovigi* e per iniziativa dell'E.N.I.O.S. a Montecatini Terme (3); quindi il processo fu studiato da *Bertozzi* e coll.

---

(1) Neppure ha interesse agricolo ricordare alcuni procedimenti intesi ad utilizzare le spazzature come sorgente termo-elettrica. [Cfr. F. Cambi, *Il problema della energia ricavabile dai rifiuti cittadini*, L'Elettrotecnica, ovl. 27, 1940].

(2) W. L. Malcolm, *Sewage Work J.*, p. 388, 1937.

(3) A. Todisco, *L'Organizzazione scientifica del lavoro*, vol. 13, 1938. Marcovigi, *Atti del II Convegno del metano*, p. 391, 1939.

(1941) (1) e da *Gesuè* (1942). *Bertozzi* ed altri hanno sostanzialmente confermata i risultati di *Malcolm* dimostrando che è possibile trasformare la sostanza organica contenuta nelle spazzature in un gas contenente il 60% circa di metano nella misura di 500-800 cc. per grammo di sostanza organica contenuta nella spazzatura. La natura delle immondizie e il carico giornaliero medio influiscono sulle rese in modo più o meno evidente. I migliori risultati furono ottenuti da *Bertozzi* con spazzature povere di ceneri e per un basso rapporto tra il carico giornaliero di sostanza organica e il volume del fango contenuto nel digestore. Sperimentando con un digestore della capacità di 70 mc., in 207 giorni durante i quali furono caricati kg. 61,526 di spazzatura cernita a mano, furono ottenuti mc. 6.212,6 di gas contenente in media il 55% di metano.

Gesuè da un mc. di spazzature avrebbe ottenuto 13 mc. di gas al 62-68% in metano; in altri termini una produzione di 152 litri di metano per kg. di sostanza organica.

La fermentazione metanica delle spazzature riveste, certamente, particolare interesse. Va tuttavia rilevato che essa non costituisce un procedimento autonomo, inserendosi nel più grande quadro della epurazione ed utilizzazione dei cloacali cittadini e della fermentazione metanica dei fanghi di fogna. Ciò significa che il processo non può essere applicato che là dove esistono moderni impianti di depurazione biologica delle acque nere e in quegli impanti che prevedono la digestione dei fanghi. Ma anche in questi casi la realizzazione del processo esige ulteriore più approfondito studio quale è richiesto, del resto, da tutto il problema della produzione biologica del metano. Il

---

(1) U. Bertozzi e P. Capasso, *I rifiuti cittadini e il metano*, ENIOS, Roma, 1940.

U. Bertozzi e altri, *La fermentazione metanica delle spazzature*, La Ric. Scient., vol. 12, 1941.

ed inoltre:

G. Roberti, *Fermentazione metanica della spazzatura*, Metano, vol. 2, p. 20, 1940.

— *La produzione di metano dalla spazzatura*, III Convegno per il gas metano, Bologna 1940.

— *La produzione di metano per fermentazione della spazzatura*, Riv. di Nettezza Urbana, vol. 1, p. 83, 1940.

quale verrà definitivamente risolto solo allorquando potrà essere microbiologicamente controllato e dominato e sopratutto allorquando, mediante l'innesto di colture pure ed attive, risulteranno abbreviati i tempi di fermentazione.

[7] Il processo di triturazione delle immondezze si impose alla attenzione di chi è preposto al loro smaltimento allorquando fu ideato in Inghilterra uno speciale mulino a martelli particolarmente indicato per la triturazione dei rifiuti noto con il nome di *trituratrice Gannow*. Prerogativa di questo sistema è, tra l'altro, quella di far perdere alle spazzature la caratteristica di dar luogo a fetori e sviluppo di insetti alati (mosche) tanto che il triturato può essere ammassato anche in località assai vicine all'abitato senza che ne derivino inconvenienti e molestie. Altresì, altro vantaggio che si consegue, è quello che essendo ridotte in frantumi, le spazzature vanno più facilmente incontro ai processi di fermentazione sia che questa si compia prima dello spandimento che nel terreno. Finalmente, con la triturazione, vengono diminuite le spese di trasporto risultando diminuito il volume e il peso iniziale.

Di questo triturato è consigliato anche l'uso diretto; ma chiaro è che è preferibile sottoporlo prima dello spandimento a fermentazione e ciò non solo allo scopo di mobilizzare gli elementi fertilizzanti in esso contenuti, ma anche per devitalizzare i semi di piante infestanti eventualmente presenti. Ove abbiano luogo processi fermentativi i semi presenti nel triturato perdono presto, infatti, il loro potere germinativo (1).

In Italia un impianto del genere, a quanto ci consta, esiste a Genova ove le spazzature, conforme notizie di *Rodella* (2), raggiungono le 150 t/giorno; esisteva anche a Siena presso la Soc. Italiana Fertilizzanti. L'impianto di Siena si crede che attualmente sia stato trasferito presso il Comune di Viareggio.

Con brevetto *Nannizzi* (Brev. n. 264.675 del 6-5-1929) il

---

(1) G. Mazzetti, *Ricerche sul comportamento del potere germinativo dei semi nelle spazzature della Città di Siena trattate con la macchina trituratrice Gannow presso la Società Italiana Fertilizzanti.* (Estratto, Siena 1928) - v. anche Igiene Moderna, 1928.

(2) G. Rodella, *L'impianto di triturazione della spazzatura a Genova,* Org. Sc. del Lavoro, Roma 1938.

triturato veniva a Siena mescolato con torba polverizzata allo scopo di rendere la massa più sicuramente inodora e altresì allo scopo di fissare i composti gassosi eventualmente formantisi.

[8] Finalmente, procedimenti più complessi, mirano ad arricchire le spazzature con i materiali più diversi. Il concetto dominante di tutti questi processi è in fondo quello di aumentare il valore fertilizzante delle immondezze sì da rendere il prodotto più accetto agli Agricoltori e, nello stesso tempo, diminuirne le spese di trasporto.

Alcuni procedimenti stranieri — tra quelli a noi noti — non hanno particolare interesse. Ricordiamo appena, tanto per citarne uno, il procedimento brevettato da *A. D. Fural* di Beckenhaim. Secondo tale sistema le spazzature, come il fango di fogna, o il loro miscuglio, vengono arricchite con il 15-20% di rifiuti di pesce o di carne, il 15-20% di ossa degelatinata e polverizzata e il 15-20% di rifiuti vegetali contenenti potassa come barbabietola, canna da zucchero, tabacco, ecc. Il miscuglio viene quindi trattato con acido solforico diluito, poi disseccato, polverizzato e staccato. L'aggiunta degli elencati materiali mira, evidentemente, a rendere più ricche le spazzature, ma è a chiedersi se il mercato disponga, in rapporto al peso delle stesse spazzature, delle considerevoli quantità richieste degli altri materiali. L'acido solforico, presumibilmente, ha la funzione di mobilizzare gli elementi fertilizzanti.

In Italia, nel 1938, sottolineando il valore che deve attribuirsi agli effetti fertilizzanti all'umo e ai complessi umo-minerali, *Draghetti* (1) auspica la utilizzazione agricola delle spazzature opportunatamente triturate e miscelate con perfosfato e sali potassici. In questo *Draghetti* si richiama al suo metodo di concimazione la cui pratica prevede appunto la somministrazione di tali sostanze fertilizzanti attraverso il letame od altri materiali organici. In linea di massima egli consiglia ad

---

(1) A. DRAGHETTI, *Utilizzazione delle spazzature cittadine con particolare riguardo all'importanza dell'impiego agrario degli umificati nel sistema di fertilizzazione umo-minerale*, Nuovi Annali dell'Agricoltura, vol. 18, 1938.

es., per le colture sarchiate di aggiungere ad ogni quintale di polvere di spazzatura kg. 20 di perfosfato e kg. 5 di sale potassico.

* * *

Riprendendo in esame il problema della utilizzazione agricola delle spazzature, scartato il metodo dell'incenerimento portando esso alla completa distruzione della sostanza organica, si è pensato di elaborare un nuovo sistema traendo profitto, per quanto v'è di buono, da tutti gli altri metodi e cercando di utilizzare, sopratutto, alcune note acquisizioni di ordine microbiologico e ciò nel quadro dei postulati fissati nella « teoria microrganica della concimazione » (1).

Intanto, il problema andava oggi riesaminato dal punto di vista economico dato l'incidere dei prezzi di trasporto sui costi di consumo. L'onere relativo ai trasporti è tale, oggi, che occorre offrire all'Agricoltore un materiale quanto più ricco possibile onde non risulti sproporzione eccessiva tra quello che è il valore intrinseco del prodotto e le spese necessarie al suo trasporto. Il cui problema è infatti e ovunque notoriamente presente; la stessa grande industria dei concimi, nella stessa America, al fine di moderare la spesa relativa ai trasporti si è orientata verso la produzione di composti aventi maggiore titolo in elementi fertilizzanti (2). È noto il nitrato ammonico, il fosfato biammonico, i fosfati tripli, ecc.

Una più economica utilizzazione delle spazzature non può oggi conseguirsi altro, quindi, che aumentando il potere fertilizzante delle medesime, trasformarle cioè in composte aventi una composizione tale da poter eventualmente prescindere o comunque limitare l'impiego di altri concimi sia organici che minerali.

A rendere le spazzature un concime completo, sufficiente-

---

(1) R. Perotti, *La teoria microrganica della concimazione*, 2.a ed., Cappelli, Bologna 1937.

(2) U. Pratolongo, *Converrà rinnovare ab imis la tecnica di preparazione dei concimi fosfatici?*, Italia Agricola, vol. 83, p. 261, 1946.

mente carico, in supporto organico, di azoto, fosforo, potassa e quindi, per la sua ricchezza, di impiego conveniente, mirano appunto i suggerimenti che qui si prospettano.

Il sistema, intanto, prevede una cernita grossolana al fine di separare il materiale direttamente recuperabile non altrimenti utile ai fini agricoli ed anzi dannoso ai successivi trattamenti, come scatolame ed oggetti in ferro, bottigliame e vetro, stracci ed inoltre quanto altro vi fosse di grossolano e di contundente.

Avvenuta la cernita le spazzature vengono, in determinato rapporto, miste a torba e passate attraverso una macchina trituratrice. L'aggiunta di torba, prevista anche in altri sistemi e il cui impiego a scopo agricolo, batteriologicamente trattata, fu già proposto da tempo (1), non ha, ai fini che si prefigge il sistema, il solo scopo di deodorare la massa e fissare per il suo ben noto potere absorbente i composti volatili che si possono svolgere durante i successivi processi di trasformazione. Infatti, alla torba resa pulverulenta, è a credersi che si possa attribuire, almeno in parte, le proprietà che presenta la polvere di carbone, proprietà ormai ben note dagli studi di *R. Perotti* (2). Attivazione, quindi, della microflora umicola, con

---

(1) W. B. Bottomley, *Report Brit. Ann. Adv. Sci*, p. 607, 1911.

(2) R. Perotti e S. Adler, *Sull'impiego del carbone e di alcuni suoi preparati negli speciali riguardi fitopatologici*, Boll. R. Ist. Sup. Agrario, vol. 3, p. 267, 1927.

— e C. Ruso, *Studi concernenti l'azione del carbone sulla vegetazione*, II.a Memoria, Id., vol. 4, p. 463, 1928.

— e C. Ferretti, *L'azione del carbone sulla vegetazione*, III.a Memoria, Id., vol. 6, p. 145, 1930.

— *Per la lotta contro la « stretta » dei cereali*, Rend. R. Acc. Lincei, vol. 13, p. 547, 1931.

— e O. Verona, *Azione del carbone sopra i microrganismi*, Annali Facoltà Agraria R. Univ. Pisa, vol. 1, p. 374, 1938.

O. Verona e F. Villa, *Ancora dell'azione del carbone sulla vegetazione*, IV.a Memoria, Boll. R. Ist. Sup. Agrario Pisa, vol. 5, p. 91, 1929.

— e P. Ciriotti, *Azione del carbone sulla vegetazione*, V.a memoria, Id., vol. II, p. 401.1935.

— e M. R. Celestre, *Azione del carbone sulla vegetazione*, VI.a Memoria, Ann. Fac. Agr. R. Univ. Pisa, vol. I, p. 352, 1938.

— *Influenza esercitata sulla vegetazione dai carboni attivati con*

conseguente maggiore produzione, tra l'altro, di anidride carbonica; maggiore ritensione per l'umidità e indirettamente, quindi, dei sali solubili; potere disintossicante, ecc. La triturazione sia delle spazzature che della torba è una operazione meccanica che non merita particolare illustrazione. Ricorderemo solo come la trituratrice Gannow possa eventualmente essere sostituita con i molini « Niagara » di fabbricazione italiana. Prove preliminari, al riguardo, non sono riuscite sfavorevoli; in particolare la torba risulta venire polverizzata in modo perfetto.

Alla triturazione segue l'arricchimento e la maturazione del complesso.

Per quanto si riferisce all'arricchimento esso può eseguirsi contemporaneamente in azoto, fosforo e potassa od anche separatamente: ciò non modifica il piano tecnico ed economico del processo. Piuttosto, tale arricchimento, esige alcune precisazioni in quanto è su di esso e sulle modalità su cui esso deve essere condotto che si impernia il processo qui esposto.

Nei riguardi dell'arricchimento in azoto esso può compiersi con residuati organici come, ad es., spurghi di macelli o qualsivoglia altro rifiuto oppure, e forse meglio, con calciocianamide. Il suggerimento, se pure non diretto, è di antica data; giacchè *R. Perotti* (1), fin dal 1905, prospettava l'opportunità di far maturare la calciocianamide in presenza di torba e ciò allo scopo di agevolare la sua trasformazione, come potè sperimentalmente dimostrare, in composti ammoniacali.

Tale trasformazione è determinata dal complesso colloidale umico della torba e non dà luogo a perdite per l'assorbimento dei prodotti ammoniacali da parte della stessa torba.

Ma l'aggiunta della calciocianamide rende inoltre più attivo

---

particolare riguardo al loro potere disintossicante, Id, vol. I, p. 383, 1938.

G. Bonuccelli e V. Cini, *Azione del carbone sulle colture di Tabacco*, Boll. R. Ist. Sup. Agr. Pisa, vol. 6, p. 337, 1930 e id. vol. 7, p. 373, 1931.

G. Luchetti, *Esperienze di trattamento con carbone delle colture di erba medica e di orzo*, Id., vol. 7, p. 471, 1931.

(1) R. Perotti, *Sopra l'uso della torba per la trasformazione della calciocianamide in composti ammoniacali*, Rend. R. Acc. Lincei, vol. 14, p. 174, 1905.

il processo di umificazione delle spazzature (1); senza dire — e ciò ha anche una notevole importanza — dell'azione esercitata dalla stessa calciocianamide nella quantità dell'1-1,5% nella repressione dello sviluppo di insetti (mosche, zanzare) (2).

Per l'arricchimento in fosforo e potassa il sistema non prevede la semplice aggiunta di perfosfati e di sali potassici solubili. Ciò costituirebbe un arricchimento antieconomico. Il sistema si richiama invece a quei ben noti principi di microbiologia per cui non solo è resa possibile, ma anche economicamente conveniente, la trasformazione biologica di composti insolubili. Viene fatto uso, quindi, di fosforiti e di leuciti.

È nozione comune, ormai, come fosforite e leucite — la prima più della seconda — vadano soggette a processi di solubilizzazione per via microrganica specie là dove il supporto (come nel caso delle spazzature) è biologicamente attivo. Il meccani-

---

(1) In analogia a quanto si verifica, ad es., allorquando la calciocianamide viene aggiunta al letame. Addizionando a stallatico fresco di cavallo il 3% di calciocianamide *Marimpietri* ha trovato dopo tre mesi di maturazione:

	PH	N totale ‰	Umid. ‰	Umificazione
letame senza calciocianamide	7.6	4.3	663.6	mediocre
» con calciocianamide	8	6.3	597.5	buona

(2) Il potere disinfestante della calciocianamide fu affermato da *Penso* nel 1932 e poi largamente confermato dalla sperimentazione e dalla pratica non solo in Italia, ma anche all'estero. Solo *A. Goidanich* avrebbe registrato risultati negativi.

G. Penso, *La calciocianamide quale disinfestante*, Roma 1937.

P. Tilli, *Disanofelizzazione idrica mediante la calciocianamide*, Riv. di Malariologia, 1933.

M. De Giorgi, in *Arch. Ital. Scienze med. col. e parassit.*, vol. 17, fasc. 6, 1936.

A. Goidanich, *Si può combattere la mosca domestica con la calciocianamide?*, It. Agricola, vol. 75, p. 258, 1938.

S. Gaddini, *Si può combattere la mosca domestica con la calciocianamide*, Id., vol. 75, p. 376, 1938.

G. Penso, *Si può combattere la mosca domestica con la calciocianamide?*, Id. vol. 75, p. 501, 1938.

R. Grandori, *La calciocianamide è un insetticida*, Id., volume 76, p. 35, 1939.

smo di tale solubilizzazione è ben noto e la documentazione al riguardo vastissima (1).

Nel sistema il processo viene peraltro reso più attivo e più veloce prevedendosi moderate aggiunte di zolfo. Senza entrare in merito al valore fertilizzante del medesimo — per cui, anche se passivamente presente, la composta viene ad acquistar maggior pregio e valore — è noto come esso per azione biologica passi, con semplice meccanismo, ad acido solforico e venga ad esplicare, quindi, azione solvente. Sono le numerose specie di solfobatteri e di tiosolfobatteri che agiscono, e, qualche volta, rapidamente e intensamente come avviene, per es., per *Thiobacillus thioxidans* (2).

Mentre l'aggiunta di calciocianamide e di fosforite e leucite (incluso zolfo) ha carattere normativo, in linea subordinata può procedersi all'aggiunta di altre sostanze che la sperimentazione ha ritenuto di poter consigliare. Tra queste possiamo portare come esempio il boro, sotto forma di borato ammonico.

L'influenza del boro sulla vegetazione è ormai ben nota (3). Ma qui si è pensato di consigliarne l'aggiunta, in piccole precisate quantità, non solo agli effetti di ordine nutrizionale, ma sì anche agli effetti fitoprofilattici. Infatti è risaputo, ad es., come il cosidetto « mal del cuore » della barbabietola — a parte il discusso parassitismo di *Phoma betae* Frank — possa essere efficacemente e indiscutibilmente prevenuto dalla presenza del boro nel terreno. Ma alla presenza del medesimo nel suolo può essere attribuita una azione profilattica più vasta (4) specie qualora si pensi alla concomitante presenza di parte dello zolfo re-

---

(1) cfr. R. Perotti, *Sul ciclo biochimico dell'anidride fosforica nel terreno agrario*, Roma, 1909.

S. A. Waksman, *Principles of soil microbiology*, London, 1927.

(2) S. A. Waksman a. J. S. Joffe, *Thiobacillus thioxidans, a new sulfur-oxidizing organism, isolated from the soil*, J. Bact., vol. 7, p. 239, 1922.

(3) cfr. O. Verona, *L'alimentazione minerale dei vegetali in rapporto al loro stato di sanità*, Pisa, 1938.

(4) R. Gigante, *Ricerche sopra l'influenza del boro sulla resistenza delle piante agli attacchi parassitari*, Boll. R. Staz. Pat. Veg., vol. 15, p. 471, 1935.

siduo dei processi di ossidazione, anch'esso dimostratosi utile ai fini profilattici (1).

D'altra parte le piccole quantità di azoto che risultano presenti nel borato ammonico è escluso che vadano perdute in quanto il borato ammonico nitrifica come ogni altro composto ammonicale (2).

Avvenuta la miscelazione con le ricordate sostanze il complesso viene stratificato in platee di cemento perchè possa subire, con i sopravenienti processi fermentativi, la dovuta maturazione. Tali platee, grandi quanto è richiesto dalla massa da trattare, saranno interrate 25-30 cm., in cemento e a fondo convergente verso una vasca pure in cemento e coperta destinata a raccogliere le acque di spurgo. Tra queste sono da considerarsi le acque fuoriuscenti dalla massa e le acque meteoriche. In collegamento con detta vasca ne è situata una più piccola, munita di dispositivo di arieggiamento e destinata a promuovere lo sviluppo e la propagazione dei solfobatteri.

Disposto il materiale nelle platee esso viene sottoposto a periodica irrorazione con le acque prelevate, mediante pompa, dalla più grande vasca e addizionate, al momento della irrorazione, del liquido contenuto nella vasca di arricchimento biologico.

Così trattata la miscela costituita da spazzature, torba, fosforiti, leucite, zolfo ed altro va incontro ad un rapido processo di fermentazione che porta, trascorso un breve periodo di tempo e senza lamentare inconvenienti di natura igienica, ad un prodotto di natura pulverulenta (particolarmente evidente qualora venga essiccato), di colore bruno-scuro, a base organica, ma ricco altresì in elementi minerali per la maggior parte solubili (3), singolarmente economico rispetto al suo valore in-

---

(1) O. Verona, *Influenza dello zolfo somministrato al terreno sullo sviluppo dei tumori da Bact. tumefaciens*, Ann. Fac. Agr., Università, Pisa, 1945.

(2) O. Verona, *À propos de l'influence du bore sur le processus de nitrification*, Bull. Soc. Int. di Microb., vol. 9, p. 65, 1937.

(3) Esperimenti in larga scala effettuati con il concorso del Cav. Uff. Giorgio Serra, Titolare dell'Impresa Nettezza Urbana della Città di Pisa, e che qui sento vivo il dovere di ringraziare, hanno dimostrato come la fosforite, ad es., venga solubilizzata fino al 70% ed oltre.

trinseco, capace di esplicare una elevata azione fertilizzante.

Data la composizione che il prodotto presenta, il suo uso è compatibile con qualsiasi coltura agraria. Inutile soggiungere che il trattamento risponde anche dal punto di vista igienico in quantochè i processi fermentativi cui la massa va incontro, coadiuvati in questo dalla presenza dello zolfo e del suo passaggio ad acido sosforico e accompagnati da notevole rialzo termico, sono tali da assicurare la devitalizzazione di eventuali germi di microbi patogeni sia all'uomo che agli animali e alle piante. Anche i semi di queste vengono presto a perdere il loro potere germinativo.

In definitiva, applicando al trattamento dei rifiuti cittadini, sia stradali che domestici, alcune note acquisizioni di ordine microbiologico è possibile trasformare tali rifiuti in complessi aventi un molto buon valore fertilizzante e, secondariamente, fitoprofilattico.

Dall'Istituto di Microbiologia Agraria e Tecnica dell'Università di Pisa.